PROCESSI E MECCANISMI SOTTOSTANTI IL CAMBIARE COMPITO

CHIARA DELLA LIBERA E FRANCA STABLUM

Università di Verona e Università di Padova

Riassunto. Il paradigma del cambio di compito, proposto inizialmente nei primi anni del Novecento, soltanto di recente ha cominciato ad essere oggetto di indagini sistematiche nell'ambito della psicologia cognitiva. L'aspetto fondamentale di questo paradigma sperimentale è che ai soggetti si chiede di alternare velocemente l'esecuzione di più compiti, dando origine al *costo del cambio di compito.* Questo effetto consiste in un peggioramento della prestazione durante l'esecuzione della prima prova effettuata dopo che il compito da eseguire è stato cambiato (rallentamento del tempo di risposta ed aumento del numero di errori). Per spiegare la sua origine sono state proposte diverse teorie, che fanno riferimento al coinvolgimento dei processi di controllo ed a fenomeni inibitori più o meno specifici della situazione di cambio di compito. Questa rassegna nasce dalla necessità di organizzare le teorie e le evidenze empiriche relative al cambio di compito, per individuarne divergenze e punti comuni. Oltre alle indagini sperimentali su soggetti normali sono stati presi in considerazione gli studi sul cambio di compito in popolazioni speciali (bambini, anziani e pazienti neuropsicologici) e di visualizzazione in vivo dell'attività cerebrale, allo scopo di ottenere una panoramica completa sulla ricerca relativa a questo interessante fenomeno.

INTRODUZIONE

Lo svolgimento dinamico e scorrevole delle nostre attività quotidiane dipende, in larga misura, dalla capacità che abbiamo di passare velocemente da un'azione all'altra. Innumerevoli volte, infatti, ci capita di dover interrompere un compito che stavamo eseguendo per dedicarci ad un'altra attività. Ciò può avvenire in seguito ad una nostra decisione, oppure a causa di richieste esterne. Pensiamo ad esempio ad una situazione in cui mentre stiamo sfogliando un libro, troviamo un capitolo particolarmente interessante, e decidiamo di leggerlo attentamente. Di nostra iniziativa, abbiamo sospeso l'operazione «sfogliare il libro» per eseguire l'operazione «leggere attentamente». Immaginiamo che dopo pochi minuti, improvvisamente il telefono cominci a squillare, quindi interrompiamo bruscamente il nostro studio e solleviamo la cornetta per rispondere. In questo caso uno stimolo esterno, lo squillo del telefono, ci ha imposto di interrompere la nostra lettura per svolgere il compito «rispondere alla chiamata». Questi esempi illustrano come continuamente la nostra

attenzione è distolta da un compito per essere agganciata ad una attività diversa.

RUOLO DEI PROCESSI DI CONTROLLO

La capacità di passare agevolmente e velocemente da un compito all'altro è un'abilità che si ritiene mediata dai processi cognitivi di controllo, ovvero dalle funzioni esecutive (Allport, Styles e Hsieh, 1994; De Jong, Berendsen e Cools, 1999; Pashler, Johnston e Ruthruff, 2001). Questi processi sono coinvolti nel controllo sul comportamento sia cognitivo che motorio dell'individuo e grazie ad essi noi siamo in grado di porci degli obiettivi da raggiungere, di pianificare le azioni necessarie per conseguirli, di controllare continuamente l'esecuzione delle operazioni pianificate ed eventualmente di modificarle durante il loro svolgimento (Norman e Shallice, 1986; Stablum, 1998).

Nella loro teoria sul funzionamento dei processi di controllo, che è quella in assoluto più condivisa dagli studiosi del cambio di compito, Norman e Shallice fanno riferimento al concetto di *schema d'azione*, per indicare le operazioni elementari che devono essere gestite dal sistema di elaborazione delle informazioni. La teoria prevede che ogni schema sia sempre caratterizzato da un certo grado di attivazione, dipendente dalle condizioni interne ed esterne all'individuo. L'esecuzione di uno schema d'azione può avvenire attraverso due diversi meccanismi di controllo, uno di tipo automatico, detto *Selezione Competitiva*, l'altro di tipo volontario, detto *Sistema Attenzionale Supervisore* (SAS). Quando l'attivazione di uno schema supera un livello soglia, esso può vincere il processo di selezione competitiva con gli altri ed essere attuato. Questi autori ritengono che il SAS possieda una rappresentazione continua sia dell'ambiente esterno che degli scopi e delle intenzioni dell'individuo, e che possa modulare il funzionamento della selezione competitiva, aumentando l'attivazione di uno schema (portandolo a vincere la selezione in modo «straordinario»), o riducendone l'attivazione (diminuendo così la probabilità che esso venga eseguito).

Nella letteratura sul cambio di compito il termine *schema d'azione* è stato sostituito dal concetto di *task set*, che indica l'insieme delle regole e delle conoscenze necessarie per svolgere un compito e la loro associazione agli schemi motori che ne permettono l'esecuzione (Rogers e Monsell, 1995; Koch, 2001). Rispetto alle rappresentazioni di azioni semplici, i *task set* comprendono un insieme più ampio di informazioni che li rendono applicabili in tutte le possibili variazioni di un compito (mentre una singola azione potrebbe essere associata alla «comparsa del colore rosso», un *task set* può comprendere la regola «rispondi in base al colore», Mayr e Keele, 2000). In questa ottica,

quindi, passare da un compito all'altro significa abbandonare un *task set* per eseguirne un altro. A questo proposito, Rogers e Monsell hanno affermato che «adottare un *task set* significa selezionare e configurare gli elementi di una catena di processi che permettono lo svolgimento di un compito» (Rogers e Monsell, 1995).

È possibile supporre che durante un cambio di compito siano coinvolti dei processi di controllo simili a quelli previsti da Norman e Shallice.

IL PARADIGMA DEL CAMBIO DI COMPITO

In ambito sperimentale, la situazione comune del passare da un compito ad un altro viene simulata attraverso il *paradigma del cambio di compito*, in cui si chiede ai soggetti di cambiare rapidamente il *task set* in uso in base a delle istruzioni sperimentali specifiche (ad es. «Se comparirà un quadrato svolgi il compito *A*», «Se comparirà un triangolo svolgi il compito *B*»). Questo paradigma permette di confrontare la prestazione dei soggetti in *prove shift*, eseguite subito dopo un cambio di compito, con quella in *prove di ripetizione*, in cui il compito da eseguire è il medesimo della prova precedente. Questo confronto può essere effettuato sia in base ai tempi di reazione (TR) che in base all'accuratezza delle risposte nei due tipi di prova. Si evidenzia un *costo* associato allo svolgimento delle *prove shift*, detto *costo del cambio di compito*, che si manifesta come un aumento sia del tempo necessario per completarle, sia della probabilità di commettere errori in queste prove.

Nonostante il primo studio sul cambio di compito sia stato condotto negli anni Venti (Jersild, 1927), questo tema ha cominciato solo di recente ad attrarre l'attenzione dei ricercatori (Spector e Biederman, 1976; Morra e Roncato, 1988; Allport *et al.*, 1994; Hsieh e Allport, 1994; Rogers e Monsell, 1995). Ciò sembra essere dovuto principalmente all'interesse crescente per il funzionamento dei processi di controllo.

La ricerca sul costo del cambio di compito si trova ad uno stadio iniziale, ed i risultati presenti in letteratura sono spesso difficilmente confrontabili perché i paradigmi, gli stimoli ed i compiti usati sono a volte molto diversi tra loro.

Stimoli bivalenti e univoci

Una prima variabile che deve essere considerata nell'analizzare la letteratura sul cambio di compito riguarda il tipo di stimoli impiegati

Compito	Prova	Simboli bivalenti	Stimoli univoci
a) Classifica il numero come pari o dispari	Shift	G5	5
	di ripetizione	7F	7
b) Classifica la lettera come vocale o consonante	Shift	A3	A
	di ripetizione	4C	C

FIG. 1.

negli esperimenti. Mentre in alcuni casi gli stimoli su cui eseguire i compiti richiesti sono *bivalenti*, e quindi permettono l'esecuzione di entrambi i compiti richiesti, in altri casi sono stati impiegati stimoli *univoci*, su cui può essere eseguito soltanto uno dei compiti possibili[1]. Come possiamo osservare nella figura 1, gli stimoli bivalenti sono ambigui e contengono sempre delle informazioni «irrilevanti» associate al compito alternativo, che devono di volta in volta essere ignorate per permettere lo svolgimento del compito corretto.

Secondo alcuni autori è indispensabile usare stimoli bivalenti perché permettono di mantenere costante il tipo di stimolazione per i due compiti usati. Da questo punto di vista presentare stimoli qualitativamente diversi per i compiti alternati introdurrebbe una fonte di variabilità durante lo svolgimento delle prove non riconducibile al cambio di compito in sé (oltre al cambio di compito si potrebbe osservare un costo additivo dovuto al cambiare il tipo di stimolo; Kavcic, Krar e Doty, 1999; Los, 1999). Tuttavia, quando uno stesso stimolo è compatibile con diversi compiti sperimentali si osservano effetti di interferenza fra compiti (Rogers e Monsell, 1995; Allport e Wylie, 2000). Anche se la maggior parte degli studi in letteratura ha fatto uso di stimoli bivalenti, è stato dimostrato che anche con stimoli

[1] La classificazione degli stimoli in univoci e bivalenti è stata introdotta da Fagot (1994).

univoci è possibile osservare il costo del cambio di compito, e che, contrariamente alle attese, questo costo è solitamente minore di quello tipico dei paradigmi con stimoli bivalenti (20-50 ms contro 150-200 ms). Anche se questi aspetti del costo del cambio di compito non sono stati finora studiati in modo approfondito, l'uso di stimoli univoci sembrerebbe favorire il cambio di compito. È possibile che l'associazione esclusiva fra uno stimolo univoco ed il *task set* ad esso corrispondente possa contribuire a guidare il cambio di compito dall'esterno, in modo più automatico (Stablum, Leonardi, Mazzoldi, Umiltà e Morra, 1994; Morra, Stablum e Umiltà, in preparazione).

Alternanza fra compiti

Un'altra questione che deve essere considerata è il tipo di alternanza fra compiti adottato. Nei primi studi sul cambio di compito (Jersild, 1927; Spector e Biederman, 1976; Allport *et al.*, 1994) si osservava la prestazione dei soggetti in serie di prove che potevano essere di tipo *misto* o *puro.* Nelle serie miste ogni prova era del tipo *shift*, ovvero il compito da eseguire veniva cambiato ad ogni prova (se consideriamo *A* e *B* i due compiti richiesti, l'alternanza nelle serie miste era ad es. A/B/A/B/ ...), nelle serie pure invece tutte le prove erano di *ripetizione*, ed il compito era sempre lo stesso (ad es. A/A/A/A/... o B/B/B/B/...). Si rilevava quindi il tempo medio impiegato per eseguire le prove di ogni serie e si otteneva il costo dalla differenza fra il tempo medio delle serie miste e quello delle serie pure.

Recentemente sono state sollevate diverse obiezioni all'uso di serie pure e miste per il calcolo del costo del cambio di compito. Rogers e Monsell (1995), ad esempio, hanno fatto notare come la situazione sperimentale nelle serie miste sia sostanzialmente diversa da quella delle serie pure per due motivi principali. In primo luogo durante lo svolgimento di una serie mista devono essere mantenuti attivi in memoria di lavoro due *task set* anziché uno soltanto come nelle serie pure. In secondo luogo il cambio di compito deve avvenire ad ogni prova. Inoltre, il confronto della prestazione dei soggetti in blocchi di prove separati rende impossibile il controllo di variabili quali l'impegno profuso dai soggetti durante le prove, il tipo di strategia utilizzata per svolgere i compiti richiesti ed il grado di attivazione determinato dalle diverse condizioni sperimentali. Il rallentamento dei TR in queste condizioni potrebbe essere determinato non tanto dal cambio di compito ma soprattutto dalle maggiori richieste cognitive della situazione sperimentale in genere.

Recentemente, sono state introdotte delle metodologie che permettono di superare questo inconveniente. Rogers e Monsell (1995) ad

esempio, hanno utilizzato il metodo delle *serie alternate*, in base al quale le *prove shift* e quelle di ripetizione vengono presentate all'interno di un unico blocco sperimentale ed i compiti si alternano in modo regolare e prevedibile dal soggetto. Se consideriamo ad esempio una serie alternata di 3 prove, la successione dei compiti sarà del tipo *A*/A/A/*B*/B/B/*A*/A/A/*B*/..., dove le lettere in corsivo corrispondono alle *prove shift* e le altre alle prove di ripetizione.

Successivamente, Meiran (1996) ha introdotto l'uso di *cue*, o suggerimenti: i due compiti sono alternati in modo casuale, ma prima della presentazione di ogni stimolo si fornisce al soggetto un suggerimento su quale sarà il compito richiesto nella prova successiva.

Sia con l'uso delle serie alternate che dei *cue*, è possibile osservare la prestazione in *prove shift* e di ripetizione in condizioni confrontabili per quanto riguarda il carico mnestico richiesto e per l'attivazione prodotta nel soggetto. Il costo del cambio di compito viene calcolato come differenza nei TR medi e nell'accuratezza delle *prove shift* rispetto alle prove di ripetizione, poiché in genere sia i TR che il numero di errori sono maggiori durante le *prove shift*.

Data la variabilità dei metodi utilizzati nello studio del cambio di compito, ad oggi le ipotesi fornite per spiegare l'origine del costo restano spesso scarsamente applicabili al di fuori del contesto sperimentale in cui sono state formulate. La presente rassegna nasce appunto dalla necessità di raccogliere ed organizzare i risultati provenienti dai diversi studi, in modo tale da evidenziarne sia i punti comuni che le divergenze, ed ottenere una visione integrata della ricerca su questo interessante fenomeno.

Costo generale e specifico

Dalla disputa riguardante il modo in cui i compiti richiesti dovessero essere alternati fra loro è emersa una distinzione fra due diversi tipi di costo del cambio di compito. In uno studio longitudinale Kray e Lindenberger (2000) hanno indicato con il termine *costo generale* il costo ottenuto dalla differenza fra la prestazione (in termini di TR e di errori) in serie miste e pure e con il termine *costo specifico* il costo ottenuto dalla differenza fra la prestazione in *prove shift* e di ripetizione in serie alternate (tabella 1).

Questi autori hanno osservato la prestazione al cambio di compito in un campione di 120 soggetti adulti dai 20 agli 80 anni, divisi in 6 fasce d'età (ognuna delle quali corrispondeva ad una gamma di 10 anni), ed hanno ottenuto una dissociazione fra l'andamento di costo generale e specifico in base all'età. Mentre il costo generale tendeva ad aumentare nei soggetti più anziani, il costo specifico non subiva

TAB. 1.

Costo generale	TR = (media dei TR nella serie *mista*) – (media dei TR nella serie *pura*)
	% di errori = (% di errori nella serie *mista*) – (% di errori nella serie *pura*)
Costo specifico	TR = (media dei TR nelle prove *shift*) – (media dei TR nelle prove *ripetute*)
	% di errori = (% di errori nelle prove *shift*) – (% di errori nelle prove *ripetute*)

variazioni significative. Kray e Lindenberger hanno proposto quindi che questi due costi siano mediati da processi di controllo differenti, che vengono compromessi in modi diversi dall'invecchiamento cerebrale. Secondo gli autori, mentre il costo specifico sarebbe legato alla *preparazione* ed *esecuzione* dei singoli *task set*, il costo generale sarebbe dovuto anche ad un insieme di meccanismi che permettono di *mantenere attivi* almeno due *task set* in memoria di lavoro e di *coordinarne* l'esecuzione.

Discutendo i loro risultati gli autori propongono, in accordo con altri ricercatori (Rogers e Monsell, 1995; Meiran, 1996), che il costo generale sia assimilabile al *costo* che si osserva in situazioni di *doppio compito* o di *multitasking* (Pashler, 2000 per una rassegna recente), in cui si richiede di eseguire contemporaneamente ed in modo coordinato più compiti. I processi sottostanti questa capacità sembrano dipendere in modo predominante dalla funzionalità della memoria di lavoro, la quale risente marcatamente dell'avanzare dell'età (Kramer, Hahn e Gopher, 1999; Meiran, Gotler e Perlman, 2001).

Dato che attualmente la ricerca sul cambio di compito si è focalizzata sull'analisi del costo specifico (ma per un'eccezione recente rimandiamo a Ward, Roberts e Phillips 2001), nel resto di questa rassegna si farà riferimento soltanto a questo tipo di costo[2].

QUANTI E QUALI SONO I PROCESSI COINVOLTI NEL CAMBIARE COMPITO?

I modelli e le teorie proposte per spiegare il funzionamento dei processi che rendono possibile il cambio di compito, e la cui attivazione probabilmente dà origine al costo ad esso associato, si dividono in due filoni principali.

[2] Da questo punto in poi per costo del cambio di compito intenderemo il costo specifico secondo la classificazione di Kray e Lindenberger (2000).

Da una parte troviamo i teorici secondo i quali il cambio di compito è gestito da almeno due processi diversi, dall'altra i teorici che ipotizzano che esso sia reso possibile da un processo unitario.

Le ipotesi di un processo duale

Uno dei primi modelli proposti per spiegare il costo del cambio di compito è stato formulato da Rogers e Monsell (1995), per i quali alla sua origine si collocano due processi cognitivi differenti. Dai risultati dei loro esperimenti questi autori hanno evidenziato due componenti del costo con andamenti diversi in base alle variabili manipolate, in particolare hanno identificato una porzione che hanno denominato *costo endogeno* ed una porzione denominata *costo residuo*. Il costo endogeno sarebbe causato dall'attivazione di processi di controllo, di tipo *top-down*, che permettono la preparazione al cambio di compito e servirebbero a *riconfigurare*, o riattivare, il *task set* necessario. Secondo questa ipotesi il processo di riconfigurazione si svolge in un lasso di tempo definito, può avvenire in anticipo nell'intervallo di tempo che precede la presentazione di una *prova shift*, ed è svolto da un processo di controllo di tipo endogeno, che risente della possibilità di prevedere il cambio di compito.

Per indagare il processo di riconfigurazione, gli autori hanno ideato un esperimento in cui veniva manipolato l'intervallo concesso fra la registrazione della risposta e la presentazione dello stimolo successivo (RSI – *Response Stimulus Interval*), supponendo che aumentando il tempo concesso per riconfigurare il *task set* si potesse osservare un costo via via più ridotto.

Usando cinque diversi RSI (della durata di 150, 300, 450, 600 e 1200 ms) è emerso che gli RSI più brevi davano origine ai costi maggiori (circa 200 ms), ma a partire dall'RSI di 600 ms il costo raggiungeva una dimensione minima (circa 100 ms) con andamento asintotico (non subiva ulteriori modificazioni all'aumentare dell'RSI). Gli autori hanno quindi concluso che il processo di riconfigurazione avesse una durata di circa 600 ms, e che il costo ad andamento asintotico, che si osservava con RSI di 600 ms o più, fosse dovuto a qualche altra componente di natura *non endogena*, ovvero *esogena*. Questo costo viene indicato come *costo residuo*.

A supportare il modello di Rogers e Monsell sulla riconfigurazione del *task set* vanno senz'altro i risultati ottenuti dal gruppo di ricerca coordinato da Nachshon Meiran (Meiran, 1996, 2000; Meiran, Chorev e Sapir, 2000). In diversi studi questi ricercatori hanno ampliato l'evidenza a favore della teoria della riconfigurazione come stadio discreto di elaborazione, in situazioni sperimentali in cui le serie di ri-

petizione avevano lunghezza casuale. Variando in modo indipendente l'intervallo fra la risposta ad una prova e la presentazione del *cue* sul compito richiesto (RCI – *Response Cue Interval*), e l'intervallo fra la presentazione del *cue* e quella dello stimolo (CTI – *Cue Target Interval*) gli autori hanno dimostrato in diverse occasioni come la diminuzione del costo non dipenda semplicemente dal «tempo trascorso» dalla prova precedente (RCI o RSI in generale), ma in particolare dal tempo concesso fra la presentazione del *cue* e quella della prova shift (CTI). Sembra quindi che sia la possibilità di prevedere il cambio a rendere efficace la riconfigurazione.

Dati in linea con queste ipotesi provengono da uno studio in preparazione di Morra, Stablum e Umiltà, i quali hanno confrontato la prestazione dei soggetti in situazioni in cui venivano alternate serie di lunghezza diversa di stimoli univoci. Il costo era minimo (circa 20 ms) quando si alternavano serie di due prove, ma aumentava in modo decisivo con serie di dieci prove (circa 160 ms). Come hanno osservato anche altri autori, sembrava che l'aumento del costo avvenisse in base ad una funzione «a gradino», solo quando la lunghezza delle serie alternate eccedeva la capacità della memoria di lavoro, ovvero circa 7 unità (Gopher, Armony e Greenshpan, 2000). Quando però si forniva un *cue* sull'imminenza del cambio di compito, il costo nelle serie «lunghe», di 7 o 10 prove, diminuiva fino a raggiungere i livelli del costo osservato con serie «brevi», di 2 o 4 prove (Morra *et al.*, in preparazione). È stato proposto che con serie brevi e regolari i soggetti siano in grado di prevedere il cambio di compito e di conseguenza di attuare sempre una preparazione endogena. Quando il cambio non è prevedibile, la riconfigurazione del *task set* non può avvenire in anticipo rispetto all'esecuzione della *prova shift* ed il costo rifletterà sia il contributo dei processi endogeni che esogeni del cambio di compito.

Dato che il cambio di compito viene ritenuto un paradigma che indaga i processi di controllo, lo stadio di riconfigurazione proposto da Rogers e Monsell è stato ben accolto dalla maggior parte degli studiosi di questo ambito. Vi è un accordo generale, infatti, sull'esistenza di un meccanismo che permetta al soggetto di prepararsi ad un cambio di compito, e che risenta della possibilità di prevedere le condizioni in cui tale cambio avrà luogo, che molti attribuiscono proprio al SAS di Norman e Shallice già descritto (ad es. De Jong *et al.*, 1999; Allport e Wylie, 2000; Mayr e Keele, 2000; Stablum *et al.*, 1994). Le spiegazioni si diversificano tuttavia, quando si tratta di interpretare il costo residuo. Come vedremo, all'ipotesi formulata da Rogers e Monsell, si sono affiancate diverse alternative teoriche, supportate da altrettante evidenze sperimentali.

Orientamento Esogeno. Rogers e Monsell hanno proposto che il costo residuo fosse dovuto ad un orientamento esogeno dell'attenzione, di tipo *bottom-up*, provocato dall'effettiva presentazione dello stimolo al soggetto e che si esaurisce con lo svolgimento della *prova shift*. Per osservare in modo indipendente il costo residuo, gli autori hanno utilizzato un RSI maggiore di 600 ms (la durata stimata della riconfigurazione endogena), ed in serie alternate di 4 stimoli hanno dimostrato come l'allungamento dei TR fosse associato soltanto alla prima prova della serie, mentre i TR delle prove 2, 3 e 4 non differivano significativamente fra loro.

Secondo questi autori la riconfigurazione del *task set* può essere completata soltanto attraverso un processo *esogeno*, innescato dall'effettiva presentazione di uno stimolo che contiene le caratteristiche rilevanti per quel *task set*. Il completamento esogeno della riconfigurazione, darebbe origine al costo residuo e sarebbe determinato da un processo sensibile alle caratteristiche dello stimolo, come ad esempio il grado di interferenza prodotta. Se lo stimolo conteneva anche informazioni non rilevanti, associate al *task set* alternativo (cioè era bivalente), si otteneva infatti un aumento del costo residuo.

Questo dato, tuttavia, è stato criticato da Gagliardi e Stablum (2001), che hanno evidenziato come la sensibilità all'interferenza da parte del costo residuo non sia affatto una regola generale. Nel loro esperimento le autrici hanno osservato un aumento generalizzato dei TR con stimoli interferenti, ma nessun effetto significativo sull'ampiezza del costo residuo. L'aumento dei TR osservato è stato attribuito all'intervento dell'attenzione selettiva necessario per la selezione della risposta corretta, ed è stato proposto che questi meccanismi siano diversi da quelli strettamente implicati durante il cambio di compito, poiché non è emerso nessun effetto di interazione con il costo. Il costo residuo sembra quindi avere un'origine più complessa di quanto ipotizzato inizialmente da Rogers e Monsell.

L'ipotesi dell'origine esogena del costo residuo è stata recentemente riproposta da altri autori (Rubinstein, Meyer e Evans, 2001; Ruthruff, Remington e Johnston, 2001; Kleinsorge, Heuer e Schmidtke, in stampa; Morra *et al.*, in preparazione), i quali però attribuiscono il costo «non endogeno» non solo all'orientamento esogeno dell'attenzione ma anche ai processi di controllo necessari per l'attivazione di regole specifiche per il compito e per l'effettiva implementazione dei *task set*. Ciò sarebbe giustificato dal fatto che il costo residuo sembra risentire della difficoltà dei compiti utilizzati (e quindi della complessità delle regole da applicare) (Rubinstein *et al.*, 2001; Hübner, Futterer e Steinhauser, 2001; Kleinsorge, *et al.*, in stampa; Morra *et al.*, in

preparazione), della possibilità di prevedere il cambio (Ruthruff *et al.*, 2001; Morra *et al.*, in preparazione, ma per risultati contrastanti si veda Sohn e Carlson, 2000) e del numero di compiti che vengono alternati (Kleinsorge *et al.*, in stampa).

Inibizione Proattiva. Una delle teorie alternative più autorevoli avanzate per spiegare l'origine del costo residuo è stata proposta dal gruppo di ricerca coordinato da Alan Allport (Allport *et al.*, 1994; Allport e Wylie, 1999, 2000; Meuter e Allport, 1999; Wylie e Allport, 2000). Secondo questa ipotesi i *task set* sarebbero soggetti ad una sorta di *inibizione proattiva* che gli autori denominano *Task set Inertia* (TSI)[3]. Quando si utilizzano degli stimoli bivalenti, si osserva secondo gli autori un *priming negativo fra task set* (la TSI) determinato dalle diverse associazioni fra stimolo e risposta formate in precedenza, che sono in conflitto fra loro. Mentre il *priming* negativo nella sua accezione classica si riferisce all'inibizione della risposta a caratteristiche specifiche dello stimolo precedentemente ignorate (per una rassegna Stablum e Pavese, 1992), il genere di inibizione a cui fanno riferimento questi autori si applica non tanto alle particolari caratteristiche dello stimolo a cui si deve rispondere, ma in modo più diffuso alla rappresentazione del *task set* alternativo a quello appena eseguito.

Allport e colleghi hanno utilizzato nei loro esperimenti degli stimoli *Stroop* bivalenti, che sono costituiti da nomi di colori scritti in un colore diverso da quello indicato (ad es. la parola VERDE scritta in colore rosso). A questi stimoli sono stati associati due compiti che hanno un grado di *dominanza*[4] diverso: la *lettura* della parola viene considerata dominante, poiché viene svolta in modo ottimale anche in presenza di un distrattore (il colore in cui la parola è scritta), la *denominazione* del colore in cui la parola è scritta è invece considerata non dominante, poiché subisce effetti di interferenza quando è in contrasto con il significato della parola.

Quando viene presentato uno stimolo di questo tipo si suppone che, per poter svolgere in modo efficace la prova in base al compito richiesto, il soggetto debba inibire la dimensione dello stimolo che in quel momento non è rilevante. Maggiore sarà la dominanza del compito non rilevante e maggiore sarà l'inibizione richiesta.

Poiché in corrispondenza delle *prove shift* i soggetti devono rispondere in base alla dimensione che nella prova precedente era stata inibita, secondo questi autori l'aumento dei TR in corrispondenza del cambio è dovuto alla necessità di superare gli effetti dell'inibizione.

[3] Per altri dati a supporto dell'ipotesi dell'inibizione proattiva rimandiamo a Goschke (2000).

[4] Per dominanza si intende il grado di consolidamento dell'apprendimento di un compito ed il suo grado di compatibilità con lo stimolo usato (Allport e Wylie, 2000).

Il risultato che viene considerato decisivo a supporto dell'ipotesi della TSI è che in questi esperimenti il costo residuo era maggiore quando il cambio avveniva in direzione del compito dominante. Questo dato a prima vista controintuitivo è spiegato sulla base dell'ipotesi che il compito dominante è stato inibito maggiormente nelle prove precedenti, e che quindi sarà necessario più tempo per superare l'inibizione ad esso associata.

Alcuni risultati ottenuti da questi autori sembrano inoltre indicare che il *priming* negativo indotto dalla TSI sia osservabile per diversi secondi, o forse anche minuti, dopo il cambio di compito (Allport e Wylie, 2000).

Ultimamente la teoria dell'inibizione proattiva è stata criticata per la sua inapplicabilità in contesti sperimentali diversi. Per Monsell e colleghi (Monsell, Yeung e Azuma, 2000), l'asimmetria del costo a favore del compito dominante sembra costituire un'eccezione, piuttosto che la regola. Questi autori hanno dimostrato come, in alcuni casi, sia possibile ottenere un'asimmetria inversa, con un costo maggiore quando il cambio è in direzione del compito meno dominante (per risultati simili si veda anche Kleinsorge e Heuer, 1999). È stato quindi proposto che l'effetto ottenuto da Allport e colleghi sia ascrivibile al compito Stroop utilizzato nei loro esperimenti. Si tratta di una questione non trascurabile, poiché proprio l'analisi della dominanza dei compiti permetterebbe di scoprire se il costo residuo è determinato, nelle parole di LaBerge (1973), da processi di *shift-in* o di *shift-out*, ovvero se è generato dalla necessità di abbandonare un vecchio compito o da quella di adottarne uno nuovo.

Un'altra previsione che può essere formulata alla luce della teoria della TSI, riguarda l'effetto a «lungo termine» che avrebbe l'inibizione proattiva dovuta al cambio. In particolare, se così fosse, utilizzando serie di ripetizione più lunghe di due prove dovremmo osservare una riduzione *graduale* dei TR da una prova all'altra, piuttosto che una diminuzione drastica dalla prima alla seconda prova. Mentre questa riduzione graduale non è ancora stata dimostrata[5], diversi studi hanno provato che il costo residuo del cambio di compito si applica soltanto alla prima prova della serie di ripetizione: la prova shift (Rogers e Monsell, 1995; Monsell *et al.*, 2000; Gopher *et al.*, 2000; Mayr e Kliegl, 2000; Tornay e Milàn, 2001; Morra *et al.*, in preparazione).

[5] Tornay e Milàn (2001), nell'Esperimento 3, hanno ottenuto una tendenza lineare alla diminuzione significativa fra i TR delle prove nella serie di ripetizione, nella condizione di cambio di compito casuale, ma non quando il cambio era completamente prevedibile dal soggetto. Questo dato potrebbe essere interpretato in termini di TSI, ma anche come un beneficio crescente dato dalla ripetizione dello stesso compito quando il cambio non è prevedibile in anticipo.

Inibizione Retroattiva. Un'altra spiegazione del costo residuo fa riferimento ad un meccanismo inibitorio, il quale però, a differenza di quello previsto dalla TSI, sarebbe di tipo *retroattivo* (Mayr e Keele, 2000; Arbuthnott e Frank, 2000a, 2000b). L'ipotesi è che quando un *task set* deve essere abbandonato perché non è più rilevante, deve anche essere inibito attivamente in modo che non possa interferire con lo svolgimento delle prove successive.

Il carattere retroattivo di questo tipo di inibizione è evidente in paradigmi sperimentali in cui si chiede ai soggetti di alternare l'esecuzione di più di due compiti. Siccome si prevede che l'inibizione decada con il passare del tempo, tornare ad un compito che è stato abbandonato molte prove prima sarebbe più facile (e darebbe origine ad un costo minore) che tornare ad un compito che è stato inibito a distanza di poche prove (ad es. considerando i compiti *A*, *B* e *C*, tornare al compito *A* dopo una sequenza A/B/C/B/*A*... darebbe origine ad un costo minore che tornare ad *A* dopo la sequenza A/B/A/C/*A*...).

Mayr e Keele (2000) hanno dimostrato che questo effetto è differenziabile dal *priming* negativo ipotizzato da Allport e colleghi (i suoi effetti si osservano anche in situazioni che non danno origine a *priming* negativo, in cui gli stimoli che si susseguono non hanno nessuna caratteristica in comune) e lo ritengono strettamente associato ai processi di controllo attentivo di operazioni sequenziali, i quali contrasterebbero il ritorno ad azioni non più necessarie.

Si tratta sicuramente di un'ipotesi interessante, che potrebbe infatti spiegare i casi in cui il cambio verso un compito non dominante ha determinato costi maggiori (Monsell *et al.*, 2000). È possibile infatti ipotizzare che l'inibizione retroattiva di un compito dominante necessiti di tempi maggiori che si esprimono in un aumento dei TR nelle *prove shift* successive.

L'ipotesi di un processo unitario

Un punto di vista che si discosta drasticamente da quelli che abbiamo finora considerato è l'ipotesi del Fallimento Attentivo, proposta e sviluppata da Ritske De Jong e colleghi (De Jong *et al.*, 1999; De Jong, 2000; Lorist, Klein, Nieuwenhuis, De Jong, Mulder e Meijman, 2000).

L'assunzione di base di questa ipotesi, è che in un sistema di elaborazione ottimale, non si dovrebbe osservare alcun costo del cambio di compito. Un funzionamento efficace dei processi di controllo dovrebbe consentire di passare dall'esecuzione di un *task set* all'altro senza causare rallentamenti nella risposta. A cosa sono dovuti quindi i costi che si osservano?

De Jong ed i suoi collaboratori ipotizzano che, durante il cambio di compito, dei processi endogeni del tutto simili a quelli postulati dalle teorie che abbiamo già esaminato, svolgano le operazioni di preparazione ed implementazione dei *task set* che devono essere eseguiti. Essi propongono inoltre che se il cambio è prevedibile e se il tempo concesso per la preparazione è sufficiente, il costo può annullarsi (Lorist, *et al.*, 2000).

Tuttavia, anche in condizioni favorevoli, la preparazione al cambio di compito a volte può non avvenire a causa di un fallimento attentivo, indicato come *Failure To Engage* (FTE). La preparazione incompleta al cambio di compito darebbe origine a ciò che altri indicano come costo residuo.

Gli autori propongono che il costo residuo osservato sia in realtà un artefatto prodotto dal tipo di analisi statistiche condotte sui dati. L'analisi dei valori medi dei TR nelle *prove shift* e di ripetizione non permetterebbe infatti di distinguere le prove in cui la preparazione è avvenuta con successo da quelle in cui essa è fallita.

Per ovviare a questo problema, De Jong e colleghi hanno proposto di analizzare e confrontare fra loro le distribuzioni dei TR nei due tipi di prova, *shift* e di ripetizione.

Da questo tipo di analisi sono emersi dati piuttosto interessanti, che sicuramente meriteranno di essere approfonditi nella ricerca futura sul cambio di compito. Osservando le distribuzioni dei TR presentate da De Jong e colleghi, è da notare che quando l'RSI è sufficiente per la preparazione anticipata al cambio, i TR più veloci delle *prove shift* non differiscono in modo significativo dai TR più veloci nelle prove di ripetizione. Poiché si assume che i TR più veloci siano stati prodotti durante le prove in cui la preparazione è avvenuta con successo, sembra decisivo che in questi gruppi di prove il costo sia nullo.

Da una simulazione computazionale della FTE, intesa come una preparazione al cambio di compito che può assumere diversi valori durante lo svolgimento delle prove, sono stati ottenuti dati che ricalcano fedelmente i risultati comportamentali, e che costituiscono un ulteriore supporto a questa proposta (De Jong, 2000).

È stato proposto che la FTE dipenda in larga misura dalle strategie utilizzate dai soggetti per svolgere il compito richiesto. Queste a loro volta potrebbero risentire delle istruzioni fornite e della motivazione dei soggetti. Nelle parole di De Jong: «... anche se perfettamente in grado di disattivare i *task set* precedenti, i soggetti potrebbero non sfruttare pienamente questa capacità se, ad esempio, questi set dovranno essere eseguiti nuovamente a breve ...» (De Jong, 2000, p. 374).

Da quando il paradigma del cambio di compito ha cominciato ad affermarsi come strumento di indagine dei processi di controllo, si sono moltiplicati gli studi che hanno cercato di localizzarne i meccanismi cerebrali sottostanti. Sono state condotte ricerche che hanno utilizzato metodi di visualizzazione in vivo dell'attività corticale, come ad esempio la Risonanza Magnetica funzionale ad Immagini (RMIf), e studi sulla prestazione nel cambio di compito in gruppi particolari di soggetti, ad esempio in bambini con deficit di attenzione ed iperattività (Cepeda, Cepeda e Kramer, 2000), in soggetti anziani (Kramer *et al.*, 1999; Meiran e Gotler, 2001; Meiran *et al.*, 2001), in pazienti cerebrolesi (Rogers, Sahakian, Hodges, Polkey, Kennard e Robbins, 1998; Mecklinger, von-Cramon, Sprinter e Matthes-vonCramon, 1999; Beauchemin, Arguin, Belleville e Desmarais, 2000; Keele e Rafal, 2000), in pazienti con malattia di Parkinson (Fimm, Bartl, Zimmermann e Wallesch, 1994; Hsieh, Chuang, Hwang e Pai, 1998; Cools, Barker, Sahakian e Robbins, 2001) ed in pazienti schizofrenici (Meiran, Levine, Meiran e Henik, 2000).

Lo scopo principale di questi lavori era da una parte di verificare che le aree interessate durante il cambio di compito fossero quelle già considerate sede dei processi di controllo, dall'altra di vedere se le popolazioni di cui sono noti deficit dei processi di controllo manifestassero anche anomalie del cambio di compito. Vediamo brevemente di seguito quali risultati sono stati ottenuti da queste ricerche.

Modificazioni dell'attività cerebrale durante il cambio di compito

Gli studi condotti utilizzando la tecnica della RMIf non sono riusciti ad evidenziare in modo netto delle aree corticali selettivamente attive durante il cambio di compito. Sembra piuttosto che l'attivazione delle aree corticali già interessate durante le prove di ripetizione dei compiti utilizzati aumenti significativamente durante le *prove shift* (Dove, Pollman, Schubert, Wiggins e vonCramon, 2000; Kimberg, Aguirre e D'Esposito, 2000).

Fra le aree che diventano più attive durante il cambio di compito troviamo la corteccia prefrontale dorsolaterale e mediale (Dove *et al.*, 2000; Sohn, Ursu, Anderson, Stenger e Carter, 2000; Di Girolamo, Kramer, Barad, Cepeda, Weissman, Milham, Wszalek, Cohen, Banich, Webb, Bolopolsky e McAuley, 2001), i campi oculari frontali (Sohn *et al.*, 2000), e la corteccia parietale (Dove *et al.*, 2000; Kimberg *et al.*, 2000; Sohn *et al.*, 2000)[6].

[6] In tutti questi casi si trattava di attivazione bilaterale, soltanto Kimberg e colleghi

Un dato interessante è stato ottenuto da Sohn e colleghi (Sohn *et al.*, 2000), i quali hanno osservato che a seconda dell'area considerata, l'aumento dell'attività corticale si osservava in corrispondenza di momenti diversi durante lo svolgimento delle *prove shift*. Hanno così scoperto che mentre la corteccia prefrontale dorsolaterale inferiore e la corteccia parietale superiore si attivavano *prima* della presentazione di una prova *shift*, (e potevano quindi essere associate alla preparazione endogena del cambio di compito), i campi oculari frontali e la corteccia parietale inferiore si attivavano in corrispondenza della presentazione della prova (ed in base alla teoria di Rogers e Monsell potevano essere associati all'aggiustamento esogeno della riconfigurazione).

Le teorie più recenti sulla localizzazione delle funzioni esecutive propongono che questi processi di controllo siano mediati non solo da aree frontali circoscritte, ma anche e soprattutto da complessi circuiti nervosi che interessano in modo particolare le stesse aree coinvolte nell'esecuzione delle operazioni sperimentali richieste (West, 1996; Stuss, Toth, Franchi, Alexander, Tipper e Craik, 1999; Fuster, 2000; Stuss e Alexander, 2000, Monsell e Driver, 2000; Rushworth, Paus e Sipila, 2001). I risultati ottenuti negli studi sul cambio di compito sembrano concordare con questa posizione teorica. Da un lato infatti si è visto come le aree prefrontali, tradizionalmente associate alla pianificazione e alla flessibilità del comportamento, siano interessate quando si richiede di cambiare il compito che deve essere eseguito; dall'altro, come fanno notare Dove e colleghi (Dove *et al.*, 2000), il fatto che durante un cambio di compito si osservi un aumento dell'attivazione nelle stesse aree che mediano le azioni basilari richieste dal compito porta ad immaginare che questo tipo di controllo comportamentale sia reso possibile da una rete nervosa distribuita.

Il cambio di compito in popolazioni speciali

Il dato che emerge dalla maggior parte degli studi clinici sul paradigma del cambio di compito è che, rispetto ai soggetti di controllo, il costo ottenuto è maggiore nei soggetti con deficit delle funzioni esecutive. Sembra però che l'incremento del costo in questi soggetti si osservi solo in particolari condizioni sperimentali.

È stato dimostrato che in molti casi si osserva un aumento significativo del costo solo se gli stimoli su cui devono essere svolti i compiti sono bivalenti, e contengono sempre una dimensione irrilevante che deve essere inibita. Questo è stato il risultato ottenuto in pazienti con

(Kimberg *et al.*, 2000) hanno osservato una attivazione maggiore del lobulo parietale superiore sinistro rispetto all'area corrispondente dell'emisfero destro.

malattia di Parkinson (Cools *et al.*, 2001), in soggetti anziani sani (Mayr, 2001; Meiran *et al.*, 2001), ed in pazienti con lesioni cerebrali sinistre (Rogers *et al.*, 1998; Keele e Rafal, 2000). In questi casi, il costo si riduceva a livelli normali se si eliminava la dimensione interferente dello stimolo.

Stablum e colleghi hanno osservato la prestazione di pazienti con trauma cranico in una situazione sperimentale in cui gli stimoli usati erano univoci e le serie alternate potevano essere brevi, di 2 prove, o lunghe, di 10 prove (Stablum *et al.*, 1994). Gli autori hanno dimostrato che in questi pazienti si osservava un'amplificazione del costo solo quando venivano alternate serie di 2 prove. Non vi erano differenze significative fra il costo dei pazienti e dei soggetti di controllo quando invece le serie di ripetizione erano di 10 prove. Come abbiamo già visto in precedenza, si suppone che quando si alternano serie brevi regolari (e viene concesso un RSI maggiore di 600 ms), è sempre possibile attuare una riconfigurazione anticipata del *task set*. Quando si alternano lunghe serie di prove (maggiori di 7 unità), sembra che la riconfigurazione del *task set* non possa avvenire in modo efficace prima della presentazione della *prova shift*. Questi risultati suggeriscono che nei pazienti con trauma cranico la riconfigurazione anticipata del *task set* non possa avvenire efficacemente neanche in condizioni che per i soggetti di controllo sono ottimali. Possiamo quindi ipotizzare che la prestazione di questi pazienti fosse determinata da un danno ai processi di controllo endogeno sul cambio di compito.

Quando il cambio di compito viene indicato da *cue* specifici, si è visto che in soggetti anziani sani (Kramer *et al.*, 1999), in pazienti con malattia di Parkinson (Fimm *et al.*, 1994) ed in pazienti con lesioni cerebrali sinistre (Rogers *et al.*, 1998), si otteneva un costo amplificato rispetto a soggetti di controllo solo se il *cue* utilizzato era arbitrario e non conteneva informazioni esplicite sul compito da eseguire (ad esempio con stimoli come «G7» lo sfondo di colore verde indicava il compito «lettera», il rosso il compito «numero»). Quando come *cue* si utilizzava invece un'etichetta verbale che indicava espressamente il compito che sarebbe stato richiesto, non si osservava più alcuna differenza rispetto ai soggetti di controllo (riprendendo l'esempio precedente, come *cue* si presentavano le parole «LETTERA» o «NUMERO»). La difficoltà in questi casi era rappresentata dal dover ricordare durante lo svolgimento delle prove l'associazione fra il *cue* arbitrario ed il compito particolare a cui quel *cue* era stato assegnato.

Anche nei pazienti schizofrenici l'aumento del costo sembra associato alla funzionalità dei sistemi di memoria, ma alla base della loro prestazione sembra esserci una tendenza a dimenticare quali fossero le risposte associate ai compiti sperimentali (Meiran *et al.*, 2000). Meiran

e colleghi hanno infatti osservato come i pazienti verbalizzassero le difficoltà nel ricordare le associazioni fra i tasti per la risposta ed i compiti e come le sessioni sperimentali dovessero essere interrotte di frequente per fornire ripetutamente le istruzioni. Inoltre, gli autori fanno notare come non sia chiaro se questo problema fosse dovuto alla malattia dei pazienti oppure al trattamento farmacologico a cui erano sottoposti.

Gli studi longitudinali sulla prestazione nel cambio di compito hanno sottolineato come il costo in funzione dell'età dei soggetti segua un andamento a U, raggiungendo i valori massimi nei bambini e negli anziani e quelli minimi nei giovani adulti (Cepeda, Kramer e Gonzalez de Sather, 2001). Di Girolamo e colleghi (2001) hanno condotto uno studio RMIf su soggetti adulti giovani ed anziani ed hanno osservato che mentre nei giovani adulti l'attivazione delle aree prefrontali dorsolaterali e mediali aumentava soltanto in corrispondenza del cambio di compito, negli anziani queste mantenevano un'attivazione elevata anche durante le prove di ripetizione. Hanno proposto quindi che l'attivazione più elevata delle aree prefrontali degli anziani anche in condizioni di *baseline* sia mirata a contrastare gli effetti del declino cognitivo generalmente associato all'invecchiamento.

Alcune ricerche hanno dimostrato come nei bambini (Cepeda *et al.*, 2001), negli anziani (Kramer *et al.*, 1999) e nei pazienti con trauma cranico (Stablum, Pastore, Mazzoldi e Umiltà, 2001) un training sul cambio di compito possa ridurre il costo fino ai livelli normali. Stablum e colleghi hanno inoltre dimostrato come i risultati ottenuti si siano generalizzati ad altri paradigmi di valutazione dei processi di controllo determinandone una migliore funzionalità. Considerando lo studio già citato di Di Girolamo e colleghi, sarebbe interessante in futuro riuscire a stabilire quali siano gli effetti prodotti da questi training sull'attività cerebrale durante il cambio di compito.

Alcuni studi hanno cercato di correlare la prestazione nel cambio di compito a lesioni cerebrali specifiche, ma allo stato attuale il quadro che ne emerge è ancora piuttosto confuso. La letteratura sul ruolo delle lesioni focali nel cambio di compito è decisamente ridotta, tuttavia i primi dati disponibili sembrano suggerire che la prestazione patologica sia associata a lesioni dell'emisfero sinistro in generale (Mecklinger *et al.*, 1999) oppure a lesioni sinistre ma limitate alle aree prefrontali (Rogers *et al.*, 1998; Keele e Rafal, 2000)[7].

Un dato interessante emerso dalla ricerca di Mecklinger e colleghi è che l'incremento del costo era evidente solo nei pazienti con lesioni

[7] Bédard e Richer (1999) però non hanno trovato nessuna alterazione del costo in pazienti con lesioni frontali sinistre o destre rispetto a soggetti di controllo.

sinistre che presentavano deficit linguistici di qualche tipo, a prescindere dall'area in cui era localizzata la lesione. Questi autori hanno ipotizzato che la preparazione efficace durante il cambio di compito richiedesse la possibilità di verbalizzare, anche solo internamente, le istruzioni sperimentali.

La mancanza di un accordo generale sui metodi e sulle situazioni sperimentali ideali per studiare il cambio di compito complica l'interpretazione dei risultati ottenuti anche in queste indagini cliniche. In effetti, alcuni dei risultati contrastanti che abbiamo appena descritto possono essere dovuti alle differenze metodologiche fra gli studi considerati. I compiti richiesti ad esempio potevano avere gradi di familiarità molto diversi, e andavano dalla semplice lettura di sillabe presentate sullo schermo (Stablum *et al.*, 1994), alla discriminazione di figure geometriche (Beauchemin *et al.*, 2000; Keele e Rafal, 2000; Mayr, 2001), alla classificazione del disegno di un oggetto comune in «rotondeggiante» o «spigoloso» (Mecklinger *et al.*, 1999). Alla luce dei risultati riportati da Mecklinger e colleghi, ad esempio, potremmo ipotizzare che la verbalizzazione delle istruzioni possa avere un ruolo cruciale soltanto quando il compito richiesto è particolarmente inconsueto o complesso, come appunto può essere il classificare un oggetto in base alla presenza di «spigoli» (Mecklinger *et al.*, 1999).

In linea generale, tuttavia, possiamo concludere sottolineando come i soggetti con deficit esecutivi presentino delle difficoltà nel cambio di compito, più evidenti quando la situazione sperimentale pone delle importanti richieste attentive e mnestiche (in condizioni di interferenza o di sovraccarico della memoria di lavoro). A riprova dei risultati provenienti dai lavori sulla visualizzazione in vivo dell'attività cerebrale, possiamo notare come l'andamento anomalo del cambio di compito sia presente soprattutto in soggetti in cui la funzionalità della corteccia frontale e/o delle strutture sottocorticali ad essa connesse è limitata a causa di patologie (lesioni cerebrali, malattia di Parkinson, schizofrenia), di uno sviluppo ancora incompleto (bambini) o di un declino cognitivo normale (anziani).

CONCLUSIONI

Riassumendo i dati disponibili, possiamo sottolineare le seguenti caratteristiche generali del costo del cambio di compito:

1. Si osserva anche quando gli stimoli e le modalità di risposta usate non producono interferenza fra compiti (Stablum *et al.*, 1994; Ruthruff *et al.*, 2001; Morra *et al.*, in preparazione).
2. Può risentire dell'interferenza prodotta da stimoli validi per en-

trambi i compiti sperimentali (Allport *et al.*, 1994; Rogers e Monsell, 1995; Allport e Wylie, 1999, 2000).

3. A seconda degli stimoli utilizzati è soggetto ad inibizione proattiva (Allport e Wylie, 1999, 2000) o retroattiva (Mayr e Keele, 2000).

4. Dipende dalla complessità e dal numero dei compiti alternati (Allport e Wylie, 1999, 2000; Rubinstein *et al.*, 2001; Hübner *et al.*, 2001; Kleinsorge, *et al.*, in stampa; Morra *et al.*, in preparazione).

5. Si riduce quando il cambio è prevedibile o segnalato in anticipo da un suggerimento (Rogers e Monsell, 1995; Meiran, 1996; Ruthruff *et al.*, 2001; Morra *et al.*, in preparazione).

6. Si estingue con l'esecuzione della prima prova del nuovo compito (Stablum *et al.*, 1994; Rogers e Monsell, 1995; Monsell *et al.*, 2000; Gopher *et al.*, 2000; Mayr e Kliegl, 2000; Tornay e Milàn, 2001; Morra *et al.*, in preparazione).

Questi elementi, assieme ai risultati degli studi sulla RMIf e sui pazienti ci suggeriscono che i processi di controllo abbiano un ruolo importante durante il cambio di compito. Alla luce di questi risultati sembra del tutto restrittiva la classificazione iniziale proposta da Rogers e Monsell (1995) del costo in endogeno e residuo, in base alla durata dell'RSI scelto. Questa distinzione semplicistica non potrebbe rendere conto di molte delle caratteristiche osservate nel costo residuo, che secondo questi autori avrebbe dovuto essere di origine esogena (ad esempio l'essere sensibile alla prevedibilità del cambio di compito).

Probabilmente diversi processi contribuiscono al costo del cambio di compito, molti dei quali devono avere un'origine esecutiva, come testimoniato dalle ricerche che abbiamo esaminato. Forse anche altre operazioni di tipo esogeno ed automatico possono contribuire a determinare questo effetto, ma rimane da chiarire se e come sia possibile osservare il contributo esogeno («bottom-up») distintamente da quello endogeno («top-down»). Anche in situazioni estremamente semplici, con l'uso di stimoli non interferenti, mapping di risposta non sovrapposti, RSI sufficientemente lungo ed il cambio completamente prevedibile, il costo si è infatti mostrato sensibile a variabili che solitamente influiscono sui processi di controllo di tipo endogeno (Morra *et al.*, in preparazione).

Seguendo De Jong (2000) potremmo ipotizzare che alla base del costo ci siano fallimenti occasionali del funzionamento di questi meccanismi, nonostante ciò non possiamo fare a meno di considerare la notevole mole di dati che ci indica come il costo sia un effetto decisamente robusto e non legato soltanto a risposte «lente» sporadiche, probabilmente determinate da fluttuazioni nella concentrazione dei soggetti.

In conclusione, l'evoluzione rapida della ricerca sul cambio di com-

pito sembra aver già prodotto frutti interessanti e meritevoli di ulteriori indagini. Oltre al rilievo che gli studi sperimentali possono assumere nell'ambito della psicologia cognitiva, non dobbiamo dimenticare i risultati già indicati da questo paradigma nell'ambito clinico della riabilitazione e della valutazione della funzionalità dei processi di controllo.

Le direzioni auspicabili della futura ricerca sono: *i*) nell'ambito della psicologia sperimentale, degli studi che ci permettano di delucidare a livello pratico e teorico l'origine dei costo del cambio di compito; *ii*) nell'ambito della visualizzazione dell'attività cerebrale, l'impiego di tecniche sempre più avanzate che consentano di caratterizzare in modo ancor più preciso l'andamento temporale dell'attivazione durante il cambio di compito; *iii*) in ambito clinico, l'impiego del paradigma in campioni di pazienti con lesioni cerebrali ridotte e circoscritte, in modo da ottenere un controllo migliore dell'associazione fra la localizzazione delle lesioni ed i deficit specifici evidenziati dai pazienti.

BIBLIOGRAFIA

ALLPORT A., STYLES E.A., HSIEH S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C.A. Umiltà, M. Moscovitch (a cura di), *Attention and performance XV*. Cambridge MA: MIT Press, pp. 421-452.

ALLPORT A., WYLIE G. (1999). Task switching: Positive and negative priming of task set. In G.W. Humphreys, J. Duncan, A.M. Treisman (a cura di), *Attention, space and action: Studies in cognitive neuroscience*. Oxford: Oxford University Press, pp. 273-296.

ALLPORT A., WYLIE G. (2000). Task set and attention: Facilitation and suppression of competing tasks. In S. Monsell e J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Boston MA: MIT Press, pp. 35-70.

ARBUTHNOTT K., FRANK J. (2000a). Executive control in set switching: Residual switch cost and task set inhibition. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*, 33-41.

ARBUTHNOTT K., FRANK J. (2000b). Trail Making Test, Part B as a measure of executive control: Validation using a set-switching paradigm. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *22* (4), 518-528.

BEAUCHEMIN M.J., ARGUIN M., BELLEVILLE S., DESMARAIS G. (2000). Alterations of the Task-Set reconfiguration process in closed head injury adolescents. *Brain and Cognition*, *44*, 63-66.

BÉDARD S., RICHER F. (1999). Is there really a task-shifting deficit after frontal lesion? *Brain and Cognition*, *40*, 41-44.

CEPEDA N.J., CEPEDA M.L., KRAMER A.F. (2000). Task switching and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *28* (1), 213-226.

CEPEDA N.J., KRAMER A.F., GONZALEZ DE SATHER J.C.M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, *37* (5), 715-730.

COOLS R., BARKER R.A., SAHAKIAN B.J., ROBBINS T.W. (2001). Mechanisms of cognitive set flexibility in Parkinson's disease. *Brain*, *124*, 2503-2512.

DE JONG R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell, J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Boston MA: MIT Press, pp. 357-376

DE JONG R., BERENDSEN E., COOLS R. (1999). Goal neglect and inhibitory limitations: Dissociable causes of interference effects in conflict situations. *Acta Psychologica*, *101*, 379-394.

DI GIROLAMO G.J., KRAMER A.F., BARAD V., CEPEDA N.J., WEISSMAN D.H., MILHAM M.P., WSZALEK T.M., COHEN N.J., BANICH M.T., WEBB A., BELOPOLSKY A.V., MCAULEY E. (2001). General and task-specific frontal lobe recruitment in older adults during executive processes: A fMRI investigation of task-switching. *Neuroreport*, *12* (9), 2065-2071.

DOVE A., POLLMAN S., SCHUBERT T., WIGGINS C.J., VONCRAMON D.Y. (2000). Prefrontal cortex activation in task switching: An event-related fMRI study. *Cognitive Brain Research*, *9*, 103-109.

FAGOT C. (1994). Chronometric investigations of task switching. Tesi di dottorato in psicologia, Università della California, San Diego.

FIMM B., BARTL G., ZIMMERMANN P., WALLESCH C.W. (1994). Different mechanisms underlie shift set on external and internal cues in Parkinson's Disease. *Brain and Cognition*, *25*, 287-304.

FUSTER J.M. (2000). Executive frontal functions. *Experimental Brain Research*, *133*, 66-70.

GAGLIARDI C., STABLUM F. (2001). Cambiare compito con stimoli interferenti: è davvero così difficile? *Giornale Italiano di Psicologia*, *28* (1), 211-220.

GOPHER D., ARMONY L., GREENSHPAN Y. (2000). Switching tasks and attention policies. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*, 308-339.

GOSCHKE T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell, J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*, Boston MA: MIT Press, pp. 331-355.

HSIEH S., ALLPORT A. (1994). Shifting attention in a rapid visual search paradigm. *Perceptual and Motor Skills*, *79*, 315-335.

HSIEH S., CHUANG Y.Y., HWANG W.J., PAI M.C. (1998). A specific shifting deficit in Parkinson's Disease: A reversal shift of consistent Stimulus-response mappings. *Perceptual and Motor Skills*, *87*, 1107-1119.

HÜBNER R., FUTTERER T., STEINHAUSER M. (2001). On attentional control as a source of residual shift costs: Evidence from two-component task shifts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *27* (3), 640-653.

JERSILD A.T. (1927). Mental set and shift. *Archives of Psychology*, *89*.

KAVCIC V., KRAR F.J., DOTY R.W. (1999). Temporal costs of switching between kinds of visual stimuli in a memory task. *Cognitive Brain Research*, *9*, 199-203.

KEELE S.W., RAFAL R. (2000). Deficits of task set in patients with left prefrontal cortex lesions. In S. Monsell, J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Boston MA: MIT Press, pp. 627-652.

KIMBER, D.Y., AGUIRRE G.K., D'ESPOSITO M. (2000). Modulation of task-related neural activity in task-switching: An fMRI Study. *Cognitive Brain Research*, *10*, 189-196.

KLEINSORGE T., HEUER H. (1999). Hierarchical switching in a multi-dimensional task space. *Psychological Research*, *62*, 300-312.

KLEINSORGE T., HEUER H., SCHMIDTKE V. (in stampa). Processes of task-set reconfiguration: Switching operations and implementation operations. *Acta Psychologica.*

KOCH I. (2001). Automatic and intentional activation of task sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *27* (6), 1474-1486.

KRAMER A.F., HAHN S., GOPHER D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, *101*, 339-378.

KRAY J., LINDENBERGER U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, *15*, 126-147.

LABERGE D. (1973). Identification of two Components of the time to switch attention: A test of a serial and a parallel model of attention. In S. Kornblum (a cura di), *Attention and performance IV*. New York: Academic Press, pp. 71-86.

LORIST M.M., KLEIN M., NIEUWENHUIS S., DE JONG R., MULDER G., MEIJMAN T.F. (2000). Mental fatigue and task control: Planning and preparation. *Psychophysiology*, *37*, 614-625.

LOS S.A. (1999). Identifying stimuli of different perceptual categories in pure and mixed blocks of trials: Evidence for stimulus-driven Switch costs. *Acta Psychologica*, *103*, 173-205.

MAYR U. (2001). Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, *16* (1), 96-109.

MAYR U., KEELE S.W. (2000). Changing internal constraints on action: The role of backward inhibition. *Journal of Experimental Psichology: General*, *129*, 4-26.

MAYR U., KLIEGL R. (2000). Task-set switching and long term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 1124-1140.

MECKLINGER A., VONCRAMON D.Y., SPRINGER A., MATTHES-VONCRAMON G. (1999). Executive control functions in task switching: Evidence from brain injured patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *21*, 606-619.

MEIRAN N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psichology: General*, *22*, 1423-1442.

MEIRAN N. (2000). Modeling cognitive control in task switching. *Psychological Research*, *63*, 234-249.

MEIRAN N., CHOREV Z., SAPIR A. (2000). Component processes in task switching. *Cognitive Psychology*, *41*, 211-253.

MEIRAN N., GOTLER A. (2001). Modeling cognitive control in task switching and ageing. *European Journal of Cognitive Psychology*, *13* (1/2), 165-186.

MEIRAN N., GOTLER A., PERLMAN A. (2001). Old age is associated with a pattern of relatively intact and relatively impaired task-set switching abilities. *Journal of Gerontology*, *56B* (2), 88-102.

MEIRAN N., LEVINE J., MEIRAN N., HENIK A. (2000). Task set switching in Schizophrenia. *Neuropsychology*, *14* (3), 471-482.

MEUTER R.F.I., ALLPORT A. (1999). Bilingual language switching in naming: Asymmetrical costs of language selection. *Journal of Memory and Language*, *40*, 25-40.

MONSELL S., DRIVER J. (2000). Banishing the control homunculus. In S. Monsell, J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Boston MA: MIT Press, pp. 3-32.

MONSELL S., YEUNG N., AZUMA R. (2000). Reconfiguration of task-set: Is it easier to switch to the weaker task?. *Psychological Research*, *63*, 250-264.
MORRA S., RONCATO S. (1988). Latenza della risposta in funzione del contenuto e dell'ordine di presentazione degli stimoli (l'Effetto Sorpresa). *Giornale Italiano di Psicologia*, *15*, 101-122.
MORRA S., STABLUM F., UMILTÀ C.A. (in preparazione). Predictability and control of task shift.
NORMAN D.A., SHALLICE T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz, D. Shapiro (a cura di), *Consciousness and self regulation: Advances in research*, *IV*. New York: Plenum Press, pp. 1-18.
PASHLER H. (2000). Task-switching & multi-task performance. In S. Monsell, J. Driver (a cura di), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Boston MA: MIT Press, pp. 277-308.
PASHLER H., JOHNSTON J.C., RUTHRUFF E. (2001). Attention and performance. *Annual Review of Psychology*, *52*, 629-651.
ROGERS R.D., MONSELL S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 207-231.
ROGERS R.D., SAHAKIAN B.J., HODGES J.R., POLKEY C.E., KENNARD C., ROBBINS T.W. (1998). Dissociating executive mechanisms of task control following frontal lobe damage and Parkinson's disease. *Brain*, *121*, 815-842.
RUBINSTEIN J.S., MEYER D.E., EVANS J.E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27* (4), 763-797.
RUSHWORTH M.F.S., PAUS T., SIPILA P.K. (2001). Attention systems and the organization of the human parietal cortex. *Journal of Neuroscience*, *21* (14), 5262-5271.
RUTHRUFF E., REMINGTON R.W., JOHNSTON J.C. (2001). Switching between simple cognitive tasks: The interaction of top-down and bottom-up factors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27* (6), 1404-1419.
SOHN M.H., CARLSON A. (2000). Effects of repetition and foreknowledge in task-set reconfiguration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26* (6), 1445-1460.
SOHN M.H., URSU S., ANDERSON J.R., STENGER V.A., CARTER C.S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *97* (24), 13448-13453.
SPECTOR A., BIEDERMAN I. (1976). Mental set and mental shift revisited. *American Journal of Psychology*, *89*, 669-679.
STABLUM F. (1998). L'Attenzione: funzioni e componenti. In R. Job (a cura di), *I processi cognitivi. Modelli e ricerca in psicologia*. Roma: Carocci.
STABLUM F., LEONARDI G., MAZZOLDI M., UMILTÀ C.A., MORRA S. (1994). Attention and control deficits following closed Head Injury. *Cortex*, *30*, 603-618.
STABLUM F., PASTORE N., MAZZOLDI M., UMILTÀ C.A. (2001). La riabilitazione delle funzioni esecutive in pazienti con trauma cranico chiuso. Relazione presentata al 1° Congresso Nazionale «Disabilità, Trattamento, Integrazione».
STABLUM F., PAVESE A (1992). L'Attenzione selettiva ed il fenomeno del priming Negativo. *Giornale Italiano di Psicologia*, *19*, 333-356.
STUSS D.T., ALEXANDER M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, *63*, 289-298.

STUSS D.T., TOTH J.P., FRANCHI D., ALEXANDER M.P., TIPPER S., CRAIK F.I. M. (1999). Dissociation of attentional processes in patients with focal frontal and posterior lesions. *Neuropsychologia*, *37*, 1005-1027.

TORNAY F.J., MILÀN E.G. (2001). A more complete task-set reconfiguration in random than in predictable task switch. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 54* (3), 785-803.

WARD G., ROBERTS M.J., PHILLIPS L.H. (2001). Task-switching costs, stroop-costs, and executive control: A correlational study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *54A* (2), 491-511.

WEST R.L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bullettin*, *120* (2), 272-292.

WYLIE G., ALLPORT A. (2000). Task switching and the measurement of «switch costs». *Psychological Research*, *63*, 212-233.

[*Ricevuto il 28 agosto 2002*]
[*Accettato il 27 gennaio 2003*]

Summary. The Task Switching paradigm was introduced first at the beginning of the last century, but only recently it has been systematically studied. Subjects are asked to rapidly switch between different tasks, giving rise to the *task switching cost*. This effect consists of a decrement in performance during the first trial after changing the required task (slower response times and higher error rates). In order to explain its origin, different theories have been proposed. This review considers both theories and empirical evidence on task switching. Besides research on normal subjects, we have taken into account also special populations task switching studies (children, elderly, and neuropsychological patients) and imaging studies to achieve a complete picture of this interesting phenomenon.

La corrispondenza va inviata a Chiara Della Libera, Dipartimento di Scienze Neurologiche e della Visione, Sezione di Fisiologia Umana, Università degli Studi di Verona, Strada Le Grazie 8, 37134 Verona, e-mail: chiara.dellalibera@univr.it